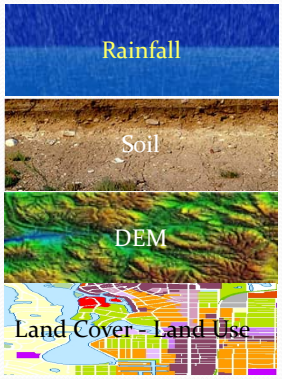
Appui des Techniques spatiales et données satellites pour le suivi de la dégradation des terres

S 05B

CM

Suivi et l'évaluation des processus de dégradation des terres – données, techniques et télédétection



- Données climatiques et météorologiques
- Données édaphiques: les sols, la géologie, lithologie
- Données de topographie et le relief
- La végétation et la couverture de la terre
- L'influence des aménagements de l'homme

- Utilisation du cadre des facteurs érosion de la « Revised Univeral Soil loss Equation » (RUSLE)

Le facteur climat: « Rainfall erosivity »

- Description quantitative de l' agressivité du climat (régime des pluies, température,..) et effet sur l' érosion du sol
- Relation étroite avec les caractéristiques des précipitations: volume, intensité, durée, répartition
- Indices:
  - MFI « Modified Fournier »
    - Données mensuelles
  - R-facteur (RUSLE)
    - EI30 or énergie cinétique * intensité max. d'une pluie

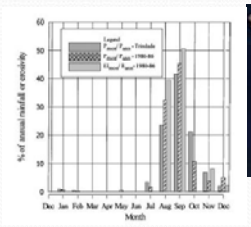
$$MFI_j = \frac{\sum_{i=1}^{12} p_{i,j}^2}{P_j}.$$

$$EI_{30} = 0.0723\ P_{24}^{1.58}.$$

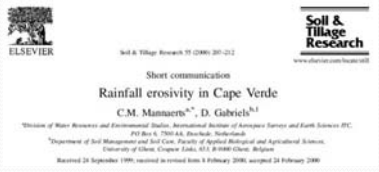
$$EI_{annual} = \sum_{j=1}^{J} (EI_{daily})_j$$

Avec
MFI, Indice Fournier [-]
Pi,j pluie mensuelle [mm]
Pj, pluie annuelle [mm]
P24, pluie journaliere [mm]
EI 30, annuelle en MJ/ha*mm/hr

Exemple (étude de cas): le Cap Vert



- Iles volcaniques et montagneuses
- Climat semi-aride
- Saison sèche (alizes)
- Pluies -> Système ITCZ
- Pluies extrêmes -> passage des cyclones
- Premières mesures « intensités

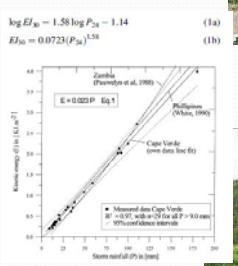

ELSEVIER

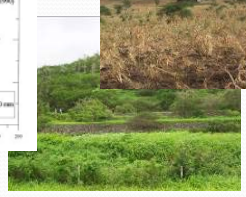
Soil & Tillage Research

Short communication

Rainfall erosivity in Cape Verde

C.M. Mannaerts, D. Gabriels





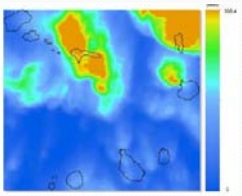
Etude de cas Erosivité: Le Cap Vert (2008-2012)

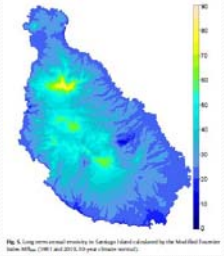
- Caractérisation relations énergie cinétique - intensités avec laser distrometre (Parsivel; taille et énergie des gouttes)
- Comparaison indices d' erosivité
- Analyse effets relief, exposition,...
- Estimations erosivité par satellite
- Modélisation érosion
- Ref. recherche PhD Juan Sanchez (UTwente; VJ et CM)
- Techniques:
  - Interpolations spatiales
  - Données satellites
  - Mesures in-situ haute Fréquence

$$MFI_j = \frac{\sum_{i=1}^{12} p_{i,j}^2}{P_j}.$$

$$EI_{30} = 0.0723\ P_{24}^{1.58}.$$

Voir liste (4) publications (dans les référence DVD): JOC, JOH, Catena et Geoderma

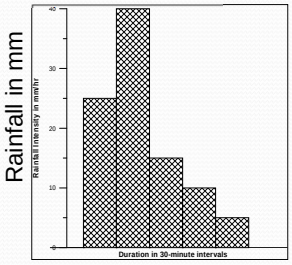




Exemple pratique de calcul de l' erosivité des pluies (EI_{30})

Exemple: determine erosivité EI30 ->>>>

Rainfall increment [mm]	Kinetic energy/mm [KJ/ha.mm]	Energy per interval [MJ/ha]	Intensity [mm/hr]	
12.5	0.215	2.68	25	
20	0.223	4.65	40	
7.5	0.195	1.47	15	
5	0.180	0.90	10	
2.5	0.150	0.38	4	
Total: 37.5 mm	----	Total:10.08 MJ/ha	Imax: 40 mm/hr	



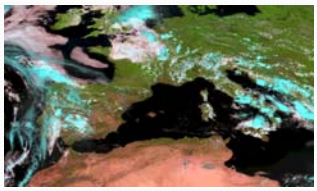
Time in 30-min. intervals

EI_{30} = 10.08 * 40 = 403.2 MJ/ha*mm/hr

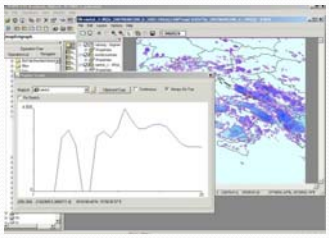
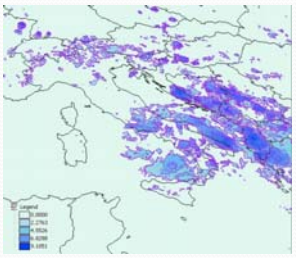
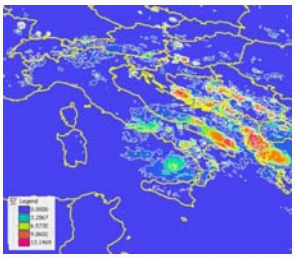
Rainfall Erosivity = Σ(Kinetic Energy) * Max. 30-min. storm Intensity

How to get KE? Use KE-I relationship -> example RUSLE $E = 0.29[1 - 0.72e^{(-0.05I_r)}]$

Calcul EI30 avec données satellite géostationnaire
(exemple d'une précipitation intense sud Italie, Juin 2005)



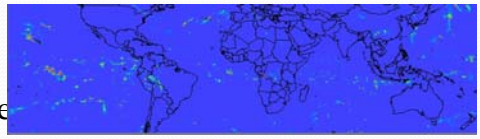
- MSG Meteosat MPE -> intervalle d'observation = 15'
- Génération des champs d'erosivité des données:
  - Extraction intensités en 15 et 30-minutes (46 images)
  - Extraction précipitation (totale)
  - Evaluation intensité maximale (30')
  - Calcul énergie cinétique et évaluation EI30 = E x I30-max
  - Cartographie (conversion raster -> vecteur pour les nuages)

L'erosivité des pluies a grande échelle (par ex. Afrique) utilisant des données de satellites précipitations

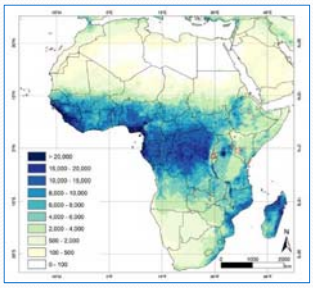
- Grandes variations au monde et dans les pays
  - Climat, systèmes de pluies, répartitions, intensités maximums, effets orographiques, ….
- Utiliser données précipitations satellites -> exemple TRMM TMPA « TRMM Multisatellite précipitation analysis » (voir démo-tutoriel)

Données TRMM 3B42 – 24Hr



Re

Global and Planetary Change
Towards large-scale monitoring of soil erosion in Africa: Accounting for the dynamics of rainfall erosivity



Suivi de l'erosivité « long term climatic change trends » - Basilicata - Southern Italy

Analyzing temporal changes in climate erosivity using a simplified rainfall erosivity model in Basilicata (southern Italy)

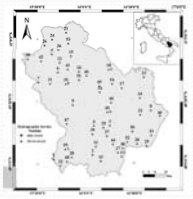
D. Capolongo [a], N. Diodato [b], C.M. Mannaerts [c,*], M. Piccarreta [a], R.O. Strobl [c,d]

[a] Dipartimento di Geologia e Geofisica, Università di Bari, Via Orabona 4, Bari, Italy
[b] Monte Pino Research Observatory, TEMS Network (FAO, United Nations), 82100 Benevento, Italy
[c] Department of Water Resources, International Institute of Geo Information Sciences and Earth Observation, ITC, P.O. Box 6, 7500 AA Enschede, Netherlands
[d] Institute of Environment and Sustainability, European Commission Joint Research Centre, 21202 Ispra, Italy

Received 30 May 2007; received in revised form 14 March 2008; accepted 3 April 2008

$$EI_{daily} = 0.000900 \cdot \left[P_k \cdot \left(9.0 + 3.0 \cdot \cos\left(2\pi\left(\frac{J - 3\sqrt{P_k}}{365}\right) + 3.0\right)\right)\right]^2$$

$$EI_{annual} = \sum_{j=1}^{J} (EI_{daily})_j$$



- Analyse régional (province)
- Analyse spatiale et temporelle
- Réseaux stations (53)
- Période 1951-2000
- Développent d'un modèle d'erosivité journalière
- Génération des séries temporelles journalières
- Analyse du changement climatique (trend analysis) et différences spatio-temporelles

Conclusions: Appui de la télédétection pour l'analyse de l'erosivité du climat

- Données précipitations et climat (satellites et in-situ)
  - Voir systèmes GEONETCast, ISOD, UMARF, archives…
- Combinaison (optimale) des données satellites et in-situ (bias removal, assimilation,…)
- Analyse spatiale (techniques GIS) et cartographie
- Dérivation des intensités depuis l'espace (p.e. MSG)
- Exemples
- Fonction du mode d'emploi et type de suivi
  - Analyse et évaluation historique
  - Suivie et alerte, analyse et évaluation récentes

Le facteur édaphique

- La susceptibilité de sols a l'érosion (hydrique)
- Propriétés du sol (e.g texture, matière organique, structure, caractéristiques du profil, etc.)
- Lithologie (e.g. marnes argileuses, grès calcaires, limons éoliennes,…)
- Géomorphologie et position dans le paysage

Le facteur sol -> erodibilité

- Plus connue comme "K-FACTOR" (modèle RUSLE)
- Susceptibilité a l' érosion hydrique
- K, exprime comme unité de perte en terre par unité d' erosivité des pluies
- Unité K doit correspondre a l' unité erosivité
- K n'est pas 100% constants mais peut varier au cours de l' année (fonction de la température, e.g. conditions gel);
- P.s. le facteur K est lie au modèle RUSLE (et utilisable conjoint avec le facteur R)

Estimation du facteur K a partir des propriétés du sol

Equation erodibilité du sol de Wischmeier

$$K = \frac{1}{7.594}\left[2.1*10^{-4}(12-OM)M^{1.14} + 3.25(s-2) + 2.5(p-3)\right]/100$$

K, soil erodibility [t.ha^{-1}.MJ^{-1}.ha.mm^{-1}.h]

OM, organic matter (%)

s, code for soil structure

p, code for permeability

M, product of primary particle size fractions (%si+%vfs)*(100-%clay)

TEXTURE CLASS	PERM. CODE	SAT. HYDRAULIC CONDUCTIVITY (mm/h)
Clay, silty clay	6	<1
Sandy clay, silty clay loam	5	1-2
Sandy clay loam, clay loam	4	2-5.0
Silt loam, loam	3	5-10
Loamy sand, sandy loam	2	10-60
Sand	1	>60

STRUCTURE CLASS	code
Very fine granular	1
Fine granular	2
Mod. Coarse granular	3
Blocky, platy or massive	4

K-factor determination using the geometric mean particle diameter

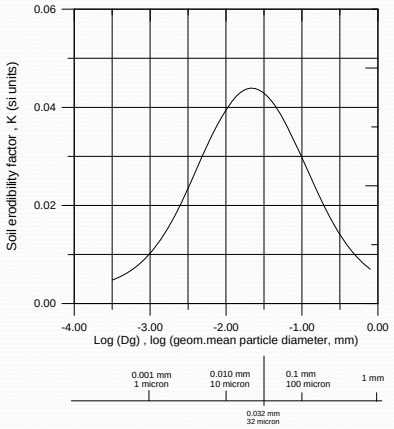
$$K = \left\{0.034 + 0.0405\exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\log(Dg) + 1.659}{0.7101}\right)^2\right]\right\}$$

and

$$Dg(mm) = \exp\left(0.01\sum f_i \ln m\right)$$

f_i primary particle size fraction %

m mean of the particle size limits of that size (mm)



Détermination expérimentale de facteur K: « Wischmeier » standard érosion plots

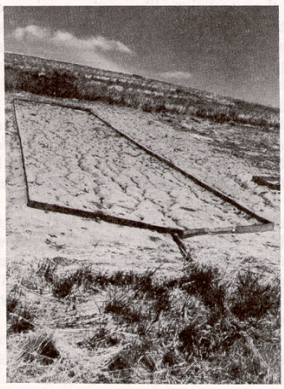


Figure 6.7. Fallow soil erosion plot located near Pullman, WA with a standard length of 72.6 ft and a slope steepness of about 9%.

Exemple: calcul des pertes en terre de la pluie sur un sol de texture moyenne
P = 35 mm
Imax30 = 40 mm/hr
KE =
R = EI30 = 408 MJ/ha. Mm/hr

K (voir equation) =

A = R.K =

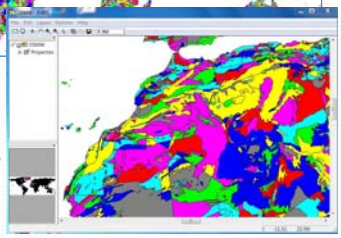
* Sur plot standard LSCP = 1

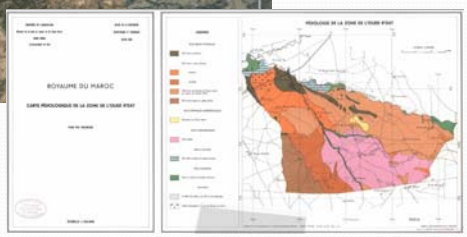
Données: cartographie des sols et appui de la télédétection

- Echelle spatiale ->
- Global « soil data base » utilisable ?? (Seulement a l' échelle d' étude globale)
- Une bonne estimation de facteur édaphique nécessite une cartographie de sols détaillée (e.g. 1:50,000 a 1:25,000)
- En absence des cartes détaillées, utiliser les informations lithologiques et géomorphologiques, évidence de terrain,... -> par exemple un ranking des unités (géomorphologiques) de terrain
- La cartographie des sols et aussi l'observation de la dégradation des sols (cartographie spatiale) a partir des données satellites medium-haute résolution est bien possible

Utilisation de sources d'informations de sols: Importance de l'échelle spatiale

- « Digital Soil Map World »
- Cartographie compréhensive des sols du monde (utilisable?)
- Carte pédologiques (1:50,000)
- Introduction des grandes incertitudes dans les évaluations





Le facteur « topographie » et son effet sur l'érosion des sols

- La topographie, exprimée en % raideur et longueur de pente joue un rôle important dans les processus de l'érosion hydrique (s'il y a des matériels (sol) à éroder sur la pente).
- Les influences -> quantifies dans des facteur topographiques: plusieurs modèles geomorpholiques
  - Exemple: le LS factor dans le cadre RUSLE
  - Les facteurs L*S n'ont pas de dimension (sans unités)
  - Les valeurs L= 1 et S = 1 se réfèrent a des conditions standard « Wischmeier plot » de 22.4 m de longueur de pente et 9% de raideur (slope).
- Modèle (géomorphologique) Thornes: effet pente ~ S^2

Exemple de fonction de l'influence topographique: « Slope length factor » RUSLE

L can be determined graphically combining

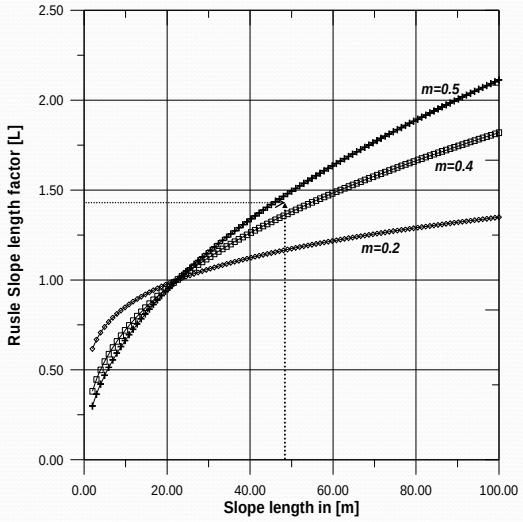
slope length and m-exponent

length = 47m

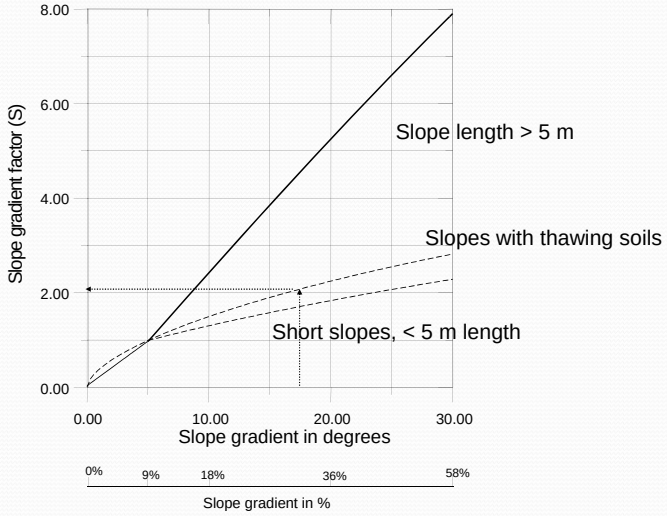
m = 0.48

L = 1.45 or use

$$L = \left(\frac{\lambda}{22.4}\right)^{m}$$



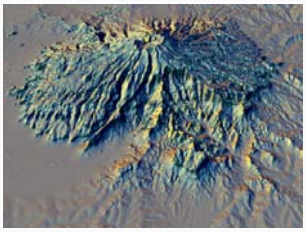
Exemple de fonction de l'influence topographique: « Slope steepness factor » RUSLE

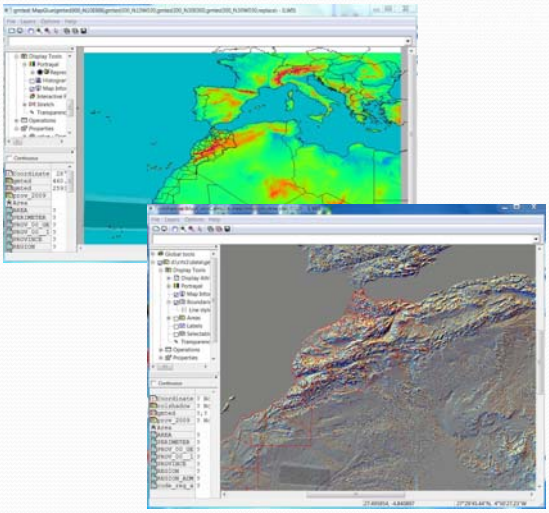


Appui de la télédétection -> topographie (pour l'érosion)

- Aujourd'hui on a plusieurs MNT (DTM) de l'espace
  - SRTM DEM: Le plus connu -> la mission SRTM (Février, 2002); résolution standard (90-m); aussi 30-m disponible aujourd'hui
  - ASTER GDEM: 30-m global
  - Produits mixte (cartes topographiques + satellites)
  - LIDAR topographie (airborne…) -> haute résolution
- En plus, logiciels (SIG) permettent le traitement et l'analyse hydrologique et géomorphologique (délinéation de bassins versants, lignes de drainage, etc.)

MNT: modèles numériques de terrain (élévation)

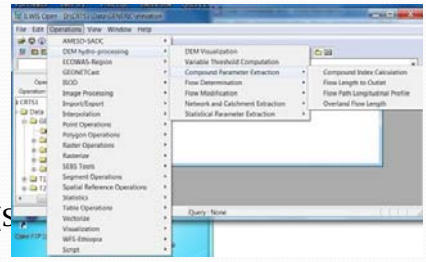




Exemple MNT LIDAR – Pays Bas: la géo information à haute résolution

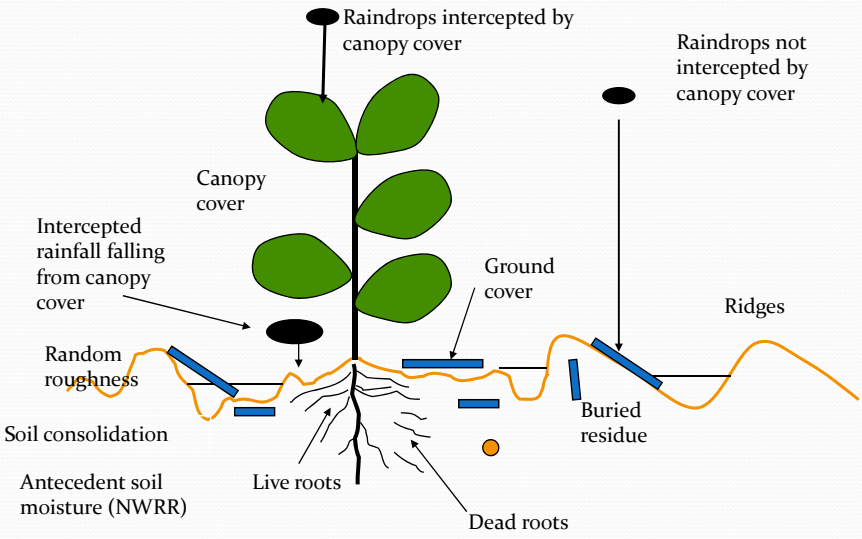
Routines géo-spatiales pour l'analyse des MNT

- Depuis la naissance du SIG, plusieurs théories (de l'analyse numérique topographique) et applications -> logiciels
  - Computations
    - Pente %
    - Exposition (N-E-S-W)
    - Profil et longueur de pente
    - Délinéation de bassin versant
    - Extraction lignes de drainage
    - Evaluations géomorphologiques (S… longitudinale rivière, etc.)



  - Génération inputs modèles érosion par. ex. calcul du facteur LS
  - Influence da la résolution spatiale du MNT !

La couverture végétale et son effet sur l'érosion



Le facteur C: aménagement de la végétation (RUSLE C-FACTOR)

- Le facteur C reflete les effets du « cropping » et pratiques agricoles (le labour du sol) sur l' érosion
- Le facteur C est utilise pour comparer les pratiques agricoles avec une condition standard (sol nu, jachère)
- Le facteur C est un « SLR » est n'a pas de dimension et varie entre C=1 et C -> 0.001.. (protection complète du sol par la végétation, inclus les pratiques (labour)
- En général, on a tendance de seulement interpréter et inclure l'effet « canopy » de la végétation comme indicateur

Estimation du facteur C

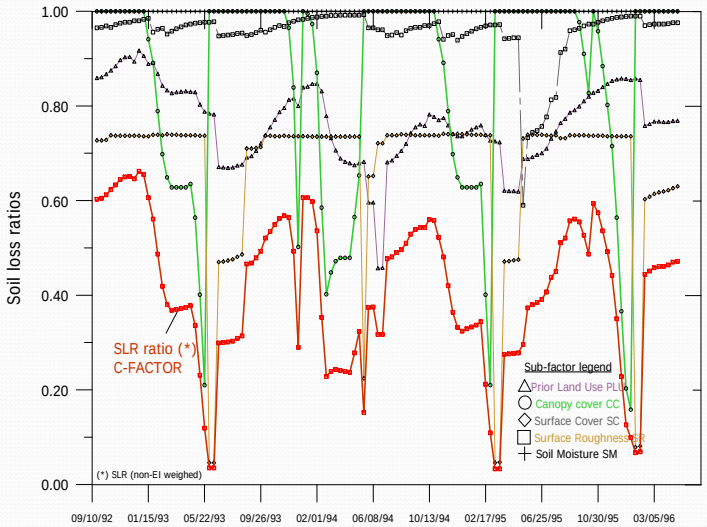
- Procédure complexe pour terrain agricole selon le modèle RUSLE

$$C = PLU * CC * SC * SR * SM$$

PLU: PRIOR LAND USE SUBFACTOR
CC: CANOPY - COVER SUBFACTOR
SC: SURFACE - COVER SUBFACTOR
SR: SURFACE-ROUGHNESS SUBFACTOR
SM: SOIL MOISTURE SUBFACTOR

- Pour les types de végétation pérenne (plus simple)
- Variable dans le temps pour cultures agricoles,

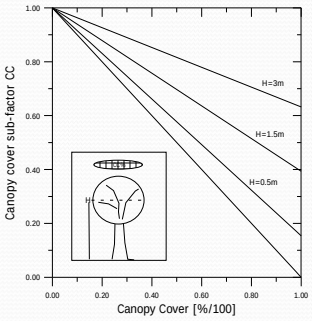
Time variation of C-factor (cropland)

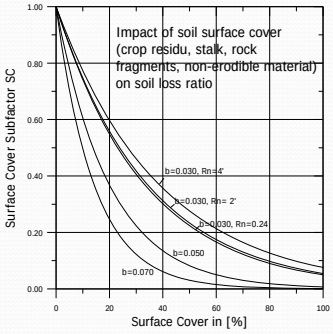


Temporal variation of C sub-factors and soil loss ratio (SLR) for a winter wheat - sunflower - winter wheat - beans crop rotation (Guadalteba area - Andalusia - S.Spain)

wsfwlg.grf

Exemples de 2 sub-facteurs: « canopy » et « soil surface » cover




Impact of soil surface cover (crop residu, stalk, rock fragments, non-erodible material) on soil loss ratio
Surface Cover Subfactor SC
Surface Cover in [%]
b=0.030, Rn=4'
b=0.030, Rn= 2'
b=0.030, Rn=0.24
b=0.050
b=0.070

$$CC = 1 - F_c \cdot \exp\left(-0.1 \cdot H\right)$$

$$SC = \exp\left[-b \cdot S_p \cdot \left(\frac{0.24}{R_u}\right)^{0.08}\right]$$

saavedra pics)

Appui de la télédétection: suivi de la végétation (et paramètres)

- Beaucoup d'estimations (approximations) du facteur C ou effet de la couverture végétale (sur l'érosion) ont été faites par données satellites -> modèles empiriques
- Indicateurs: NDVI, FVC, LAI,....
- Approximations
  - Désavantages:
    - Effets « canopy » seulement; la surface (e.g. couverture rocheuses, rugosité, etc. non-estimés;
    - Echelle spatiale souvent large (e.g. SPOT VGT 1km ou MODIS EVI 250m) -> souvent C-facteur mixte (agriculture, terrains naturelles..)
  - Avantage télédétection
    - Données temporelles régulières -> suivi et évolution des cultures !

L'influence des aménagements de l'homme (sur l'érosion) et télédétection

- Les effets des « Soil Conservation Practices »
  - Cultivation en Contour
  - Buffer strips
  - Etc..
- Détection et cartographie -> medium a haute résolution
- Application a l' échelle (<1:10,000) -> LULC

Appui de la Télédétection pour l' évaluation de la dégradation des terres

- Evaluation -> modèles érosion
  - Modèle RUSLE (facteurs statistiques, relations empiriques)
    - A = R.K.LS.C.P
    - Développé pour évaluer l' érosion et les pratiques agricoles sur l'échelle du champ
    - Utilise néanmoins sur grande échelle, a cause de sa simplicité (de l'équation) -> superposition (multiplication) des facteurs (cartes) dans un SIG

Appui de la Télédétection pour l' évaluation de la dégradation des terres

- Evaluation avec les modèles hydrologiques de bassin (avec composante érosion – transport sédiments)
  - SWAT (estimation des apports de sédiment de sub-bassins) avec une équation type MUSLE
    - Utilise un MNT (delineation de bassins, reseau hydrographique, …)
    - Paramètres de la végétation a partir des données télédétection e.g. FVC, LAI, couverture de la surface,…
    - Précipitations (stations ou satellitaires)
  - LISEM (Limburg Soil Erosion Model)
    - MNT, carte et paramètres de la végétation, pluies
  - AgNPS

Démo - tutoriel